

Graphite

Michel A. Boucher

*L'auteur travaille pour le Secteur minier,
Ressources naturelles Canada.
Téléphone : (613) 992-3074*

RÉSUMÉ

En 1994, Stratmin Graphite Inc. du Québec et Applied Carbon Technology Inc. (autrefois appelée Cal Graphite Corporation) d'Ontario ont produit du graphite naturel en paillettes. Bien que la demande mondiale de graphite ait été faible pendant l'année, la production canadienne a augmenté, passant de 22 808 t en 1993 à 27 000 t en 1994. Le Canada a expédié 25 919 t au cours de l'année, comparativement à 21 937 t en 1993. À la fin de 1994, Stratmin était la seule productrice de graphite naturel en paillettes en Amérique du Nord. Selon les critères mêmes de la compagnie, elle est la plus importante productrice et exportatrice de graphite naturel en paillettes à l'échelle mondiale et ce, à partir d'une seule mine. Stratmin – la principale productrice au Canada – a expédié 20 919 t en 1994 par rapport aux 15 783 t enregistrées l'année précédente. Le 14 juin 1994, Applied Carbon Technology a fermé sa mine et son usine de concentration situées près de Kearney (Ont.). En novembre, Stratmin Inc. – un actionnaire de Stratmin Graphite Inc. – a acheté 18,1 millions d'actions de Applied Carbon Technology Inc. (soit 49,5 % des actions en circulation) aux affiliées de Hillman Company de Pittsburgh. Après de nombreuses années de planification, Victoria Graphite Inc., qui possède un gisement près de Portland (Ont.), a commencé à produire le 1^{er} juin 1994. La capacité de l'usine de traitement est de 3000 t/a de concentrés. Les prix du graphite cristallin en paillettes sont demeurés faibles en raison d'une très forte concurrence.

GRAPHITE NATUREL

Le graphite est une forme naturelle du carbone. Le graphite naturel est un minéral constitué de carbone noir luisant, cristallisé dans le système hexagonal, avec une symétrie rhomboédrique. Le graphite en paillettes est opaque, flexible et sectile, et il présente

un clivage parfait parallèle à certaines faces cristallographiques. Le graphite naturel est gras et relativement tendre; il possède une dureté de 1 à 2 sur l'échelle de Mohs. Il laisse un trait noir sur la porcelaine vitrifiée. Sa densité est de 2,26 g/cm³. Le graphite se révèle un excellent conducteur d'électricité et de chaleur, et il a un point de fusion élevé, soit de 3500 °C. Il est extrêmement résistant aux acides, chimiquement inerte et fortement réfractaire.

On découvre des gisements de graphite naturel partout dans le monde, surtout dans les roches métamorphiques produites par métamorphisme régional ou de contact. Dans le commerce, on distingue trois catégories de graphite naturel : le graphite amorphe, le graphite cristallin en blocs (ou filonien) et le graphite en paillettes. Le graphite amorphe s'avère un graphite microcristallin formé par cristallisation du carbone à partir des sédiments organiques. Le graphite se présente sous forme de filons déformés, composés de minuscules particules microcristallines mélangées à des matériaux non graphiteux. La teneur en graphite peut varier de 15 à 98 %, selon le degré de métamorphisme et la teneur initiale en carbone des sédiments. Le graphite cristallin en blocs apparaît sous forme de filons massifs ou d'accumulations circulaires, probablement d'origine hydrothermale. On trouve des accumulations de graphite dans les fissures ou d'autres cavités présentes dans des roches ignées ou métamorphiques. La granulométrie des particules varie de fine à très grossière. Les filons de graphite possèdent une largeur variable, allant de 2 mm à plus de 2 m. Le graphite en paillettes est disséminé dans des sédiments siliceux ou calcaires métamorphisés, comme le marbre, le gneiss et le schiste. Le graphite en paillettes est constitué de minces lamelles; celles-ci sont classées selon leur structure, soit de grossière à fine, et selon leur teneur en carbone graphitique.

GISEMENTS

Au Canada, les gisements de graphite dont l'exploitation pourrait être économiquement rentable se situent principalement dans des roches de la série de Grenville, dans l'Est canadien. Ce minéral se présente sous forme de paillettes et de filons cristallins disséminés. La plupart des gisements canadiens de graphite sont associés à des gneiss graphitiques et à des calcaires cristallins, qui ont

subi un métamorphisme de contact lié à des phénomènes tectoniques tels que des plissements, des compressions et des fracturations, ainsi qu'à des intrusions pegmatitiques. Les zones minéralisées les plus riches se présentent comme une série de filons ou de corps lenticulaires qui disparaissent progressivement dans la roche hôte adjacente non graphitique et qui sont bordés de lentilles de minerai de moindre teneur.

On a signalé la présence de gisements de graphite en paillettes fines à grossières, principalement au Québec et en Ontario, mais également au Nouveau-Brunswick, en Nouvelle-Écosse, en Saskatchewan, au Labrador et en Colombie-Britannique.

Au Québec, les gisements de graphite longent surtout la série de Grenville dans plusieurs cantons de l'ouest de la province, soit à Buckingham, Argenteuil et Pontiac. La variété dominante est le graphite en paillettes disséminé dans des gneiss à biotite et des calcaires cristallins associés au quartzite à biotite; toutefois, la variété filonienne a également été observée le long du contact entre les roches intrusives et le calcaire cristallin. Les indices minéralisés de graphite sont associés à des roches métasédimentaires qui ont subi plusieurs déformations et où le métamorphisme a atteint le faciès des amphibolites ou des granulites.

On trouve également du graphite dans le canton d'Esmanville, au sud de Fermont. Plusieurs zones schisteuses riches en graphite, mesurant de 1 à 25 m d'épaisseur, sont interstratifiées avec des gneiss quartzo-feldspathiques. Certaines zones graphitiques contiennent par endroits plus de 15 % de graphite sous forme de fines paillettes bien cristallisées.

D'autres gisements de graphite sont localisés dans plusieurs cantons de l'est de l'Ontario, dans des roches de la province géologique de Grenville. Le graphite en paillettes y est disséminé dans des marbres et des gneiss. Les venues les plus intéressantes apparaissent dans des unités de gneiss semi-pélimitiques et pélimitiques au sein de séquences de paragneiss. La teneur en graphite peut atteindre 10 %. Les minéraux accessoires sont la biotite, le grenat et la pyrite; dans ces roches graphitiques, les éléments-traces sont le nickel, le cobalt, le bore et le vanadium.

PRODUCTION ET FAITS NOUVEAUX AU CANADA

En 1994, la production canadienne de graphite naturel en paillettes provenait surtout de Stratmin Graphite Inc., qui exploite une mine et un concentrateur à Lac-des-Îles (QC). En Ontario, elle venait principalement de Applied Carbon Technology Inc., qui exploitait une mine et une usine de traitement jusqu'en juin, près de Kearney.

L'année a été de nouveau marquée par une baisse des activités d'exploration et de mise en valeur au Canada.

Malgré les difficiles conditions du marché, Stratmin Graphite Inc. a produit 23 100 t pendant l'année, ses installations ayant fonctionné presque à capacité (24 000 t/a de concentrés). Ses ventes ont été de 20 219 t de concentrés de graphite en 1994. Stratmin est une société homologuée ISO 9003, norme d'assurance qualité reconnue à l'échelle internationale.

Invoquant la dépression des prix du graphite et des difficultés financières, Applied Carbon Technology Inc. a annoncé, le 14 juin 1994, qu'elle fermait sa mine et son usine de concentration situées près de Kearney (Ont.). Le concentrateur a une capacité théorique de 25 000 à 30 000 t/a. Environ la moitié de sa production était vendue à l'industrie des produits réfractaires, secteur où les prix sont faibles. En novembre, Stratmin a acheté 18,1 millions d'actions de Applied Carbon Technology Inc. (soit 49,5 % des actions en circulation) aux affiliées de Hillman Company. Un nouveau conseil d'administration a été nommé depuis. L'usine demeurera fermée tant que le marché du graphite ne se raffermira pas. On mènera une étude sur les moyens d'en accroître la viabilité, tandis que la capacité de traitement annuelle de l'usine de mélange de Brocton (N.Y.) sera portée à 7000 t en 1995, puis à 9000 t en 1996.

Après de nombreuses années de planification, Victoria Graphite Inc. a commencé à produire du graphite en paillettes le 1^{er} juin 1994, à sa mine de Portland située à mi-chemin entre Ottawa et Kingston. La mine détient une capacité de production de 3000 t/a de concentrés et le minerai a une teneur moyenne de 6 % de carbone. Les concentrés contiennent de 80 à 85 % de graphite. En utilisant des procédés physiques et chimiques, la société entend porter le contenu des concentrés à plus de 95 % de carbone, avec une faible teneur en cendres et une teneur relativement faible en soufre. La recherche a indiqué que le graphite de Portland convenait à la production de graphite exfolié (expansé), employé dans la fabrication de feuilles de graphite. Les feuilles de graphite commandent un bon prix et sont en demande croissante, de sorte que la société envisage de produire du sel de graphite, du graphite exfolié ainsi que des feuilles de graphite un jour.

La Société d'Exploration minière Mazarin Inc. de Québec (QC) a mis à jour une étude de faisabilité visant la mise en valeur de son gisement de graphite, sis à Fermont dans le Nord québécois. L'étude effectuée par Cambior inc. en 1991 proposait d'exploiter le gisement à ciel ouvert pendant un semestre, de façon à fournir suffisamment de minerai pour alimenter durant toute l'année un concentrateur d'une capacité de 400 t/j, et de produire ainsi 23 000 t/a de concentrés de graphite. Selon les estimations de cette compagnie, les coûts d'immobilisations totaux pour la réalisation de ce projet s'établissaient à 30,6 millions

de dollars. Les réserves géologiques se chiffrent à 8,1 Mt de minerai qui titrent en moyenne 16,7 % de carbone. Les réserves minières d'une durée de 20 ans s'élèvent à 2,5 Mt de minerai, avec une teneur en carbone après dilution de 17,4 %; ces réserves minières peuvent être exploitées à ciel ouvert avec un rapport résidu/minerai de 1,0 à 1,0. Le graphite provenant de ce gisement convient à toutes les applications importantes sans traitement chimique. La construction peut commencer, et la production pourrait débiter dans un an environ.

Indresco Canada Inc. (auparavant Ressources Graphicor Inc.), confrontée à un déclin du marché mondial du graphite et à de faibles taux de récupération du minerai du corps minéralisé Diotte, a suspendu ses activités et a mis en veilleuse son usine d'enrichissement Lac-des-Îles, en décembre 1991. La société a indiqué qu'elle rouvrirait l'usine si le marché s'améliorait substantiellement. Toutefois, elle a souligné que cette amélioration n'est pas prévue à court ou à moyen terme.

Mart Mining and Exploration Limited a indiqué qu'elle recherchait un partenaire pour faciliter la poursuite des travaux de forage d'exploration et les essais d'enrichissement sur son gisement situé au Labrador. Les réserves probables rapportées par la société sont de 10,5 Mt de minerai titrant 21,9 % de carbone, et le taux de recouvrement est de 0,9 à 1,0. Des travaux préliminaires d'enrichissement du minerai ont permis d'obtenir un concentré renfermant jusqu'à 83 % de carbone et des paillettes dont la taille variait entre -150 et +70 µm. Le gisement est situé à 7 km d'une route passant à 15 km des villes minières Labrador City et Wabush.

Quinto Mining Corporation possède une participation à part entière dans un gisement de séricite-graphite-or, près de Lumby (C.-B.). La combinaison graphite-séricite (mica) se compose de grains de granulométrie variable, comprise entre 0,3 et 100 µm. Des travaux en laboratoire ont montré qu'il sera difficile de séparer le graphite du mica en raison de la fine granulométrie des deux minéraux; aussi, la société espère pouvoir commercialiser du mica-graphite comme produit final. La récupération de l'or contenu dans le gisement représente une source de revenu d'appoint. Il reste à déterminer les réserves, mais celles-ci seraient considérables.

CONSOMMATION ET COMMERCE AU CANADA

En 1993, dernière année pour laquelle des statistiques sont disponibles, la consommation indiquée de graphite naturel en paillettes a été de 5089 t. Le graphite fut utilisé surtout dans les fonderies, mais également par l'industrie de la métallurgie et l'industrie des produits réfractaires.

Les importations de graphite naturel se sont élevées à 6427 t en 1994, et les exportations, à 21 711 t. Le commerce canadien du graphite s'effectue, en grande partie, avec les États-Unis. Le graphite brut est principalement employé en Ontario (70 %) et au Québec (15 %).

UTILISATIONS ET SPÉCIFICATIONS

Les utilisations du graphite naturel découlent de ses propriétés physiques et chimiques. Il a une haute température de fusion ainsi qu'une conductivité thermique et une conductivité électrique élevées; en outre; il comprend des éléments chimiquement inertes (résistants au laitier), il est résistant au choc thermique, il a un faible coefficient de friction et un faible coefficient d'absorption des rayons X et des électrons.

Le graphite est principalement utilisé dans la fabrication de produits réfractaires. Il est aussi employé dans les fonderies et pour la fabrication de lubrifiants, de garnitures de freins, de creusets et de crayons. Tous les détails susmentionnés représentent 80 % des usages totaux. La majeure partie des 20 % restants servent à la fabrication de balais en carbone, de piles et de graphite exfolié pour la production de feuillets de graphite, par exemple. On signale qu'en Europe, les producteurs de matériaux réfractaires utilisent encore un graphite dont la teneur en carbone est inférieure à 90 %. Aux États-Unis, la plupart des producteurs emploient un graphite de teneur minimum en carbone égale à 94 %. Au Japon, la moyenne varie entre 95 et 99 %. Aux États-Unis, le graphite en paillettes est principalement utilisé dans les produits réfractaires, puis dans les lubrifiants, les crayons, les garnitures de freins, les métaux en poudre, les creusets et les fonderies, dans cet ordre.

Le contenu en graphite des briques réfractaires de magnésie et carbone, dans lesquelles on emploie de grandes quantités de graphite en paillettes, varie entre 15 et 25 %, avec une teneur moyenne en carbone de 87 à 90 %, et une granulométrie moyenne des paillettes de +0,15 à 0,71 mm. On utilise ces briques dans des applications où les températures et la corrosion sont élevées, comme par exemple dans les revêtements de fours servant à l'élaboration de l'acier, les poches de coulée, les marques du laitier, les enceintes chaudes, les tuyères et les hauts fourneaux. On se sert du graphite en raison de sa grande conductivité thermique et de sa forte résistance à la chaleur et aux agents chimiques.

Les creusets en graphite sont employés dans l'élaboration de l'acier et dans la production de métaux non ferreux et de métaux précieux. On préfère le graphite en paillettes au graphite microcristallin en raison de sa lente combustion, de sa résistance élevée à l'usure par frottement réciproque et de l'orientation des paillettes contribuant à sa résistance structurale. Sa

teneur moyenne en carbone est de 80 à 90 %, et la dimension moyenne des paillettes est de 0,15 mm.

On fabrique en outre des lubrifiants industriels à partir de graphite parce que ce minéral est tendre, a un faible coefficient de friction, est inerte et résiste à la chaleur. À cette fin, il faut un graphite cristallin fin d'une granulométrie comprise entre 53 et 106 μm et à teneur élevée en carbone, entre 98 et 99 %.

Le graphite naturel est utilisé dans la fabrication des crayons à mine parce qu'il laisse une trace. Le degré de dureté d'un crayon dépend du rapport argile/graphite dans la mine du crayon; la mollesse du crayon exige cependant plus de graphite. Les mines de haute qualité sont fabriquées avec du graphite cristallin et celles de moindre qualité, avec du graphite amorphe. La mine est un mélange de kaolin et de bentonite combinés à du graphite, puis soumis à la cuisson.

L'utilisation de graphite dans les garnitures de freins réduit la vitesse d'usure. On se sert à ce titre de graphite cristallin fin à haute teneur en carbone, de granulométrie inférieure à 75 μm et possédant une teneur minimale en carbone de 98 %; toutefois, un concentré à 90 % peut également être employé lorsque la teneur en impuretés abrasives, comme la silice, est faible.

Traditionnellement, le graphite a été utilisé dans la fabrication de piles sèches au zinc-carbone en raison de sa bonne conductivité électrique. Si le carbone est employé, il doit être de granulométrie fine inférieure à 75 μm et doit posséder une teneur en carbone de 85 %; dans le cas du graphite, il doit être microcristallin et avoir une teneur minimale en carbone de 88 %. Les piles alcalines nécessitent un graphite naturel à grain très fin et d'une plus grande pureté, avec une teneur en carbone d'au moins 98 %; un graphite synthétique peut aussi être utilisé. Les matériaux composés de carbone ne doivent pas contenir d'impuretés métalliques telles que du cuivre, du cobalt, de l'arsenic ou de l'antimoine.

Les fabricants de pièces de moteurs électriques emploient une gamme variée de graphite naturel ou synthétique. Du graphite en poudre d'une granulométrie de 150 μm et d'une teneur minimale en carbone de 95 à 99 % est requis. Le graphite en gros morceaux, le graphite microcristallin à faible teneur en silice et le graphite synthétique conviennent habituellement.

En métallurgie des poudres, où l'acier est renforcé par l'absorption de carbone, le frittage nécessite un graphite de grande pureté. Le graphite sert également de lubrifiant et de source de carbone. Le graphite sec en poudre doit avoir une granulométrie moyenne de 5 μm et sa teneur en carbone doit varier entre 96 et 99 %.

Dans l'industrie des peintures, le graphite sert à protéger les surfaces métalliques exposées à un milieu

corrosif et à éliminer l'accumulation d'électricité statique dans les revêtements de plancher. Du graphite microcristallin à faible teneur en carbone, soit de 50 à 55 %, est en général requis.

Comme revêtement de moules de fonderie, le graphite empêche l'adhérence des métaux. Les revêtements de four de fonderie sont généralement préparés à partir de graphite microcristallin, de granulométrie comprise entre 53 et 75 μm et d'une faible teneur en carbone variant entre 40 et 70 %.

Dans les fonderies de fer, on utilise du graphite microcristallin comme recarburant pour accroître la teneur en carbone du fer fondu dans les fours électriques, dont la charge d'alimentation renferme une forte proportion de ferrailles. Il existe un large éventail de matériaux de remplacement, dont le graphite synthétique et le coke.

Le graphite naturel trouve d'autres applications, notamment dans les peintures et les encaustiques, les agents antidétonants, le matériel électrique et électronique ainsi que les produits de caoutchouc.

DOMAINES DE CROISSANCE

Les débouchés en croissance comprennent (i) celui du graphite en paillettes exfolié et laminé en feuilles (appelé aussi graphite flexible), qui sert à la fabrication de joints d'étanchéité destinés à l'industrie automobile, d'échangeurs de chaleur et d'autres produits; (ii) celui des briques de graphite à forte teneur en alumine et en magnésie, employées dans l'industrie des produits réfractaires, bien que la croissance de ce secteur ait ralenti considérablement ces dernières années; (iii) celui du zircon-graphite; (iv) celui des réfractaires composés de carbure de silicium et de graphite en paillettes; et (v) celui des matériaux de friction. Les autres débouchés en cours de développement sont les marchés des applications spéciales du graphite de très grande pureté, des poudres métalliques et des balais de moteur.

GRAPHITE FLEXIBLE

La consommation mondiale de produits de graphite flexible se serait située entre 8000 et 10 000 t en 1994 (source : Stratmin), comparativement à 5500 t en 1990 et à 5700 t en 1992. Ce marché a nécessité en 1994 la production de quelque 10 500 à 14 000 t de graphite brut en paillettes, compte tenu des pertes résultant des processus de fabrication, c'est-à-dire la production de graphite de grande pureté (à partir de concentrés dont on élimine les impuretés au moyen d'acides et de bases), de sel de graphite (le graphite intercalé), de graphite exfolié (expansé), puis de graphite en feuilles obtenu par calandrage et laminage. Le graphite naturel en paillettes, normalement utilisé dans la fabrication du graphite flexible,

provient de mines situées au Canada, en Chine, à Madagascar, au Brésil, et au Zimbabwe. La Chine est la plus importante productrice de graphite de haute pureté nécessaire à la production de sel de graphite, tandis que le Japon est le plus important producteur et exportateur de sel de graphite. Ce sel est expédié aux producteurs de graphite flexible où il est expansé puis transformé en feuilles par calandrage et laminage. La qualité et, par le fait même, le prix des paillettes dépendent de leur distribution granulométrique, de leur teneur en fines, de leur teneur en carbone, ainsi que de leur teneur en cendres et de la distribution de celles-ci. Les cendres désignent les éléments présents autres que le graphite. La taille des particules de cendres ainsi que la teneur en cendres ont un effet sur la qualité du produit fini de graphite flexible. Les cendres sont normalement constituées de quantités variables d'éléments-traces et de quantités plus importantes de silice, de soufre, de fer, d'aluminium et de magnésium. La qualité du graphite employé comme matière première dépend aussi du contrôle de la qualité et du procédé utilisé à l'étape d'enrichissement à la mine; le fabricant de graphite flexible doit accorder une attention particulière à ce facteur.

Le tableau suivant montre les marchés pour le graphite flexible par secteur d'utilisation et par région géographique, en 1992.

MARCHÉS POUR LE GRAPHITE FLEXIBLE, EN 1992

Région	Secteur industriel	Secteur automobile
	(tonnes par an)	
Amérique du Nord	500	2 600
Japon	100	1 700
Europe	400	250
Autres	100	50
Total	1 100	4 600

Source : UCAR Carbon Company Inc.

Les producteurs mondiaux de graphite flexible sont, par ordre décroissant d'importance, les sociétés suivantes : UCAR Carbon Company Inc. aux États-Unis; SIGRI GmbH en Allemagne; Polycarbon Inc. (appartenant à la SIGRI GmbH) aux États-Unis; Hitachi Chemical et Nippon Carbon au Japon; et Le Carbone Lorraine en France. Il existe des producteurs en Chine et dans l'ex-U.R.S.S. Le plus important marché du graphite flexible est celui de l'industrie de l'automobile. Le marché industriel peut se diviser en trois segments : (i) celui de l'industrie pétrochimique, qui est le plus grand; (ii) celui des produits chimiques, et

(iii) celui de l'industrie nucléaire, qui est le plus petit mais qui commande les meilleurs prix étant donné qu'il requiert le graphite flexible de la plus grande pureté. L'industrie signale que le marché de l'industrie de l'automobile est en croissance partout dans le monde, tandis que celui de l'industrie des produits chimiques croît surtout en Asie du Sud-Est et au Moyen-Orient. En 1993, le prix du graphite flexible a oscillé entre 12 et 22 \$ US/kg.

PRODUCTION, COMMERCE ET CONSOMMATION MONDIALES

Les données provisoires pour 1993 indiquent que la production mondiale de graphite naturel s'est élevée à 741 000 t. Selon Stratmin Graphite Inc., environ 200 000 t de ce total se composaient de graphite en paillettes. Les plus grands pays producteurs de graphite ont été la Chine (volume estimé à 310 000 t), la Corée du Sud (80 000 t), le Mexique (49 000 t), l'Ukraine (40 000 t), la Corée du Nord (38 000 t) et le Brésil (29 000 t).

Les principaux pays producteurs, selon le type de graphite et par ordre décroissant d'importance, sont les suivants :

- **Graphite en paillettes** : la Chine, l'Ukraine, le Brésil, le Canada, Madagascar, le Zimbabwe et la Norvège.
- **Graphite microcristallin (amorphe)** : la Chine, la Corée du Sud, le Mexique, la Tchecoslovaquie, l'Autriche, la Corée du Nord, la Russie et le Zimbabwe.
- **Graphite en gros morceaux** : le Sri Lanka.

Voici un aperçu des principaux pays exportateurs et importateurs de graphite au cours des dernières années.

PRINCIPAUX PAYS EXPORTATEURS ET IMPORTATEURS DE GRAPHITE AU COURS DES DERNIÈRES ANNÉES

Pays	Exportations	Pays	Importations
	(milliers de tonnes par an)		(milliers de tonnes par an)
Chine	100 à 130	Japon	90 à 95
Corée du Sud	35 à 45	États-Unis	40 à 45
Mexique	20	Allemagne	35 à 40
Canada	20	Royaume-Uni	23 à 25
Madagascar	15	Taiwan	12 à 15
Zimbabwe	15	Italie	7
Brésil	15	France	6
Autriche	7 à 10	Autriche	5
Norvège	3		
Allemagne ¹	2		

1 À l'exception des réexportations.

Les plus importants consommateurs de graphite sont les plus grands producteurs d'acier, de métaux communs et de métaux précieux. Ensemble, ils consomment environ 50 % de tout le graphite produit et ils sont les principaux utilisateurs de graphite en paillettes. Les plus grands pays consommateurs sont donc l'ex-U.R.S.S., le Japon, les États-Unis, la Chine, l'Allemagne, le Royaume-Uni, l'Italie, la France et le Brésil.

PRIX

Les prix publiés du graphite naturel fournissent une fourchette de prix seulement et sont donc peu représentatifs des prix réels sur les marchés, qui ont été établis en vertu de contrats négociés entre les producteurs ou distributeurs et les consommateurs. Dans l'ensemble, les prix des concentrés de graphite en paillettes sont plus élevés que ceux du graphite microcristallin (amorphe) et ils varient selon la teneur en carbone, la taille des paillettes et leur distribution, ainsi que la teneur en cendres. Les prix publiés du graphite cristallin en paillettes sont demeurés inchangés en Europe, mais ceux de la poudre amorphe ont continué leur glissade. L'industrie a indiqué que les prix européens ont été inférieurs aux prix américains. Le prix moyen des concentrés de graphite, expédié par le Canada, a baissé de près de 10 % en 1994.

PRODUITS DE REMPLACEMENT

Le disulfure de molybdène fait concurrence au graphite naturel en tant que lubrifiant sec; cependant, il est plus sensible à l'oxydation. Le coke finement broyé et mélangé à l'olivine peut concurrencer le graphite dans les usages comme revêtement de

four de fonderie. Le «kish», qui est un résidu de l'élaboration de l'acier, peut être transformé en graphite synthétique en paillettes et pourrait éventuellement remplacer le graphite naturel en paillettes. Toutefois, la technologie mise au point par le *Bureau of Mines* des États-Unis, en coopération avec l'industrie de l'acier et la *Asbury Carbons Inc.*, est encore trop chère en comparaison des prix du graphite naturel.

PERSPECTIVES

Le graphite naturel possède d'excellentes propriétés physiques et chimiques; son bassin de ressources est vaste et facilement accessible dans plusieurs pays. Les prix ont diminué considérablement au cours des quatre dernières années et leur faiblesse actuelle devrait décourager d'éventuels nouveaux producteurs, favoriser sa consommation et prévenir la mise au point de produits de remplacement. Pour ces raisons, la croissance de la consommation devrait se poursuivre. Les gisements du Canada renferment du graphite en paillettes qui est assez facile à enrichir à plus de 90 % de carbone, et nombre d'entre eux contiennent du graphite pouvant être expansé. Les produits provenant du graphite expansé se vendent à un prix élevé, et les perspectives de croissance de ces marchés sont bonnes. L'offre mondiale de graphite naturel en paillettes continuera d'être abondante. Par contre, les consommateurs continueront à exiger des concentrés de graphite naturel en paillettes de haute pureté et de qualité consistante.

Remarques : (1) Pour les définitions et l'évaluation de la production, des expéditions et du commerce des minéraux, veuillez vous référer au chapitre 60. (2) Les présentes données sont les plus récentes au 14 janvier 1995.

PRIX

*Industrial Minerals*¹, prix cotés, c.a.f., port du Royaume-Uni, dollars américains la tonne

		1990	1991	1992	1993	1994
		Déc.	Déc.	Déc.	Déc.	Déc.
Graphite cristallin en gros morceaux	92 à 95 % de carbone	750 - 1 500	750 - 1 500	750 - 1 500	650 - 850	650 - 850
Graphite cristallin en grosses paillettes	85 à 90 % de carbone	820 - 1 300	650 - 1 200	400 - 800	400 - 600	400 - 600
Graphite cristallin en paillettes moyennes	85 à 90 % de carbone	770 - 1 120	450 - 1 000	350 - 750	300 - 500	300 - 500
Graphite cristallin en fines paillettes	80 à 95 % de carbone	540 - 900	400 - 600	300 - 550	250 - 500	250 - 500
Graphite amorphe en poudre	80 à 85 % de carbone	220 - 440	220 - 440	220 - 440	220 - 440	220 - 300
Graphite synthétique (par kilogramme à la frontière de la Suisse)	99,95 % de carbone				2,23	2,23

c.a.f. : coût, assurance, fret.

¹ *Industrial Minerals*, décembre 1990, décembre 1991, décembre 1992, décembre 1993 et décembre 1994.

TARIFS DOUANIERS

N° tarifaire	Dénomination	Canada			États-Unis
		NPF	TPG	États-Unis	Canada
25.04	Graphite naturel				
2504.10.10	En poudre	8,6 %	6 %	en franchise	en franchise
2504.10.20	En paillettes	3,7 %	2,5 %	en franchise	en franchise
2504.90	Autres	en franchise	en franchise	en franchise	en franchise
69.02	Briques, dalles, carreaux et pièces céramiques analogues de construction, réfractaires, autres que ceux en farines siliceuses fossiles ou en terres siliceuses analogues				
6902.90.10	Autres, contenant 85 % ou plus, en poids, de carbone ou de graphite	6,3 %	4,5 %	2,0 %	en franchise
6902.90.90	Autres	en franchise	en franchise	en franchise	1,4 %
69.03	Autres articles céramiques réfractaires (cornues, creusets, mouffes, busettes, tampons, supports, coupelles, tubes, tuyaux, gaines, baguettes, par exemple), autres que ceux en farines siliceuses fossiles ou en terres siliceuses analogues				
6903.10	Contenant en poids plus de 50 % de graphite ou d'autres formes de carbone ou d'un mélange de ces produits				
6903.10.10	Creusets et leurs couvercles	6,3 %	en franchise	2,0 %	1,4 %
6903.10.91	Contenant en poids 85 % ou plus de graphite ou d'autres formes de carbone	6,8 %	4,5 %	2,7 %	1,4 %
6903.10.99	Autres	en franchise	en franchise	en franchise	1,4 %
8545.20	Balais en carbone ou en graphite	9,5 %	6,5 %	3,0 %	1,1 % ^a

Sources : *Tarif des douanes*, en vigueur en janvier 1995, Revenu Canada; *Harmonized Tariff Schedule of the United States*, 1995.

NPF : nation la plus favorisée; TPG : tarif de préférence général.

^a L'équipement qui provient du Canada et qui est destiné à la réparation et à l'entretien de certains véhicules motorisés pourra faire l'objet d'un abaissement rapide des tarifs.

TABLEAU 1. IMPORTATIONS¹ DE GRAPHITE BRUT ET DE PRODUITS CONNEXES, EN 1993 ET 1994

N° tarifaire		1993		1994 dpr	
		(tonnes)	(milliers de dollars)	(tonnes)	(milliers de dollars)
2504.10	Graphite naturel en poudre ou en paillettes				
	États-Unis	1 985	2 323	2 287	2 690
	Suisse	17	38	163	541
	République populaire de Chine	102	69	212	138
	Mexique	—	—	112	92
	Sri Lanka	44	55	79	58
	Autres pays	48	77	51	94
	Total	2 196	2 564	2 904	3 615
2504.90	Graphite naturel, n.m.a.				
	États-Unis	4 339	828	3 325	799
	République populaire de Chine	—	—	23	63
	Allemagne	—	—	174	27
	Mexique	—	—	1	2
	Royaume-Uni	64	24	—	—
	Total	4 403	853	3 523	894
6902.90	Briques réfractaires, etc., n.m.a. (contenant en poids plus de 50 % de carbone ou de graphite)				
	États-Unis	12 675	9 174	27 651	12 263
	Japon	1 940	4 751	670	2 032
	Royaume-Uni	1 853	1 474	1 391	1 475
	Belgique	202	266	715	1 216
	France	136	395	438	848
	Allemagne	222	515	471	225
	Brésil	—	—	18	54
	Danemark	—	—	50	37
	Suisse	—	—	4	19
	Hongrie	—	—	27	15
	Suède	42	23	4	11
	Espagne	—	—	3	10
	Autres pays	385	531	—	—
	Total	17 455	17 132	31 442	18 213
6903.10	Articles céramiques réfractaires, n.m.a., contenant en poids plus de 50 % de graphite ou d'autres formes de carbone, etc. (y compris les creusets)				
	États-Unis	n.d.	1 222	14	1 516
	France	n.d.	523	3	310
	Allemagne	n.d.	583	3	284
	Japon	n.d.	360	6	278
	Royaume-Uni	n.d.	536	1	131
	Belgique	—	—	1	75
	Autres pays	n.d.	228	...	5
	Total	n.d.	3 455	28	2 602
8545.20	Balais en carbone ou en graphite				
	États-Unis	247	6 695	217	5 874
	Japon	7	176	19	403
	Allemagne	5	248	7	385
	Brésil	8	117	11	236
	France	...	22	4	115
	Royaume-Uni	...	41	...	66
	Taiwan	2	26	...	20
	Suède	1	16	...	20
	Mexique	—	—	...	17
	Suisse	...	10	...	13
	Autres pays	...	19	1	22
	Total	270	7 374	261	7 178

Sources : Ressources naturelles Canada; Statistique Canada.

— : néant; ... : quantité minimale; dpr : données provisoires; n.d. : non disponible; n.m.a. : non mentionné ailleurs.

¹ Les importations en provenance «d'autres pays» peuvent comprendre les réimportations du Canada.

Remarque : Les chiffres ont été arrondis.

TABLEAU 2. EXPORTATIONS DE GRAPHITE NATUREL, EN 1993 ET 1994

N° tarifaire	Dénomination	1993		1994 dpr	
		(tonnes)	(milliers de dollars)	(tonnes)	(milliers de dollars)
2504.10	Graphite naturel, en poudre ou en paillettes	20 482	16 518	21 054	17 035
2504.90	Graphite naturel, n.m.a.	1 019	561	657	362

Source : Statistique Canada.

dpr : données provisoires; n.m.a. : non mentionné ailleurs.

TABLEAU 3. CONSOMMATION RAPPORTÉE¹ DE GRAPHITE AU CANADA, DE 1988 À 1993

	1988 ^a	1989	1990	1991	1992	1993 dpr
	(tonnes)					
Graphite naturel						
Revêtements de four de fonderie	2 729 ^r	1 723	1 892	1 603	2 366	3 036
Produits réfractaires	673	643	415	274	97	75
Autres utilisations ²	1 522	1 625	2 876	2 186	2 188	1 978
Graphite synthétique						
Revêtements de four de fonderie	3 898 ^r	3 782 ^r	2 680	1 267	1 893	1 730
Autres utilisations ³	7 002	5 634 ^r	4 287	918	929	442
Total	15 824 ^r	13 407	12 150	6 248	7 473	7 261

Source : Ressources naturelles Canada.

dpr : données provisoires; r : révisé.

^a Augmentation du nombre de sociétés visées par l'enquête.

¹ Selon l'information obtenue de Ressources naturelles Canada et d'après l'enquête sur la consommation des minéraux non métalliques par les usines canadiennes de fabrication. ² Comprend les garnitures de freins, les composants chimiques, les abrasifs, l'acier de première fusion et autres utilisations finales. ³ Comprend les abrasifs, les piles, les coussinets et les garnitures de freins, le ciment, les composants chimiques, l'acier de première fusion et autres utilisations.

TABLEAU 4. PRODUCTION MONDIALE DE GRAPHITE, PAR PAYS¹

Pays	1989	1990	1991	1992	1993 ^e
	(tonnes)				
Allemagne	15 800 ^{r,e}	19 314 ^r	15 807 ^r	11 963 ^r	10 000
Argentine ^e	100 ^a	100	100	90	100
Autriche	15 307	22 705 ^r	19 750 ^r	19 547	19 500
Birmanie (Myanmar) ³	—	45	36 ^r	—	—
Brésil (production commercialisable) ²	31 650	28 890	26 965	29 414 ^r	29 000
Canada (exportations de graphite naturel)	6 000	10 200	6 200	17 400	18 800
Chine ^e	490 000 ^r	455 000 ^r	289 000 ^r	300 000 ^r	310 000
Corée du Nord ^e	35 000	35 000	35 000	38 000	38 000
États-Unis	x	—	—	—	—
Inde (extraction brute) ⁶	58 000	61 000	69 922	70 000 ^e	64 000
Madagascar	15 863	18 036	14 079	8 910 ^r	8 000
Mexique					
Poudre amorphe	38 304	22 553	35 315	47 053 ^r	49 440
Graphite cristallin en paillettes	1 942	2 365	1 943	985 ^r	1 000
Namibie ^e	—	—	200	200	200
Norvège	1 800	5 000 ^e	6 930	5 000 ^{r,e}	5 000
République de Corée					
Poudre amorphe	100 282	98 987	75 239	75 000 ^e	72 000
Graphite cristallin en paillettes	1 186	703	1 552	8 412 ^r	8 000
République tchèque ⁴	—	—	—	—	20 000
Roumanie	10 000	6 000 ^{r,e}	6 000 ^{r,e}	2 300	2 000
Russie	—	—	—	15 000 ^e	10 000
Sri Lanka	4 163	5 469	6 381	3 307 ^r	4 000
Tchécoslovaquie ⁵	66 000 ^r	39 000 ^r	47 000 ^r	20 000 ^{r,e}	—
Turquie (extraction brute) ⁷	11 873	18 712	25 867	20 978 ^r	20 000
U.R.S.S. ^{e,8}	84 000	80 000	75 000	—	—
Ukraine	—	—	—	50 000 ^e	40 000
Zimbabwe	18 147	16 383	12 903	12 346 ^r	12 000
Total	1 005 417 ^r	945 462 ^r	771 189 ^r	775 905 ^r	741 040

Source : *Bureau of Mines* des États-Unis.

— : néant; ^e : estimation; ^r : révisé; x : confidentiel pour éviter de divulguer les données exclusives à la compagnie.

^a Les données ont été rapportées.

¹ Le tableau comprend les données disponibles jusqu'au 31 mai 1994. ² Ne comprend pas les quantités vendues directement sans enrichissement : en 1989, 13 005 t (chiffre révisé); en 1990, 8400 t (chiffre révisé); en 1991, 7298 t (chiffre révisé); en 1992, 8957 t (chiffre révisé); et en 1993, 9000 t (estimation). Les données sont exprimées en tonnes métriques. ³ Les données couvrent l'année financière débutant au mois d'avril. ⁴ Faisait partie autrefois de la Tchécoslovaquie. ⁵ La Tchécoslovaquie s'est dissoute le 31 décembre 1992. La production du pays pour la période de 1989 à 1992 provenait de l'entité qui est maintenant appelée République tchèque. ⁶ Un niveau se situant entre 10 et 20 % de la production des mines constitue la production commercialisable en Inde. ⁷ Environ 5 % de l'extraction brute représente la moyenne de la production commercialisable en Turquie; de fait, le pays consomme la plus grande partie de sa production.

⁸ L'U.R.S.S. s'est dissoute en décembre 1991.